

# Explorando a contribuição das experiências demonstrativas no ensino e aprendizagem dos conceitos do princípio de Acção –Reacção e o da Força de Atrito

Adriano R. Sacate<sup>1,2</sup> e Inocente V. Mutimucuio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciências Básicas, Instituto Superior de Transportes e Comunicações, Prol. Av. Kim Il Sung, Maputo, Moçambique

<sup>2</sup>Faculdade de Educação, Universidade Eduardo Mondlane, Av. J. Nyerere, Campus Principal, UEM, Maputo, Moçambique

e-mail de contacto: [professorhamelane@gmail.com](mailto:professorhamelane@gmail.com)

**Resumo** – Este estudo tem como objectivo principal o de investigar o comportamento do tamanho da amostra em contextos de inferência estatística, por meio da aplicação prática a um inquérito de satisfação estudantil no ISUTC. Esta investigação parte do princípio de que amostras estatisticamente bem definidas são capazes de gerar inferências confiáveis, mesmo em populações finitas e heterogêneas. Foram analisadas três abordagens amostrais: uma amostra mínima calculada com base em fórmulas para populações finitas, uma amostra estabilizada e o censo da população estudantil. Os resultados revelam que os padrões de resposta mantêm-se estáveis entre as abordagens, com pequenas variações nos indicadores de satisfação, especialmente nas categorias relacionadas à infraestrutura tecnológica e aos serviços pedagógicos. A análise confirma a existência de um ponto de estabilização no tamanho da amostra, a partir do qual o aumento do número de respondentes não altera significativamente os resultados. Conclui-se que o uso de uma amostra mínima bem delineada, obtida por métodos probabilísticos, é suficiente para garantir representatividade e economia de recursos, sendo recomendável para diagnósticos institucionais em larga escala.

**Palavras-chaves** – Princípio de Acção-Reacção. Força de Atrito. Física Ensino Secundário. Experiência Didáctica em Física.

## I. INTRODUÇÃO

Os conceitos do princípio de acção-reacção e o da força de atrito em Física, são leccionados na 11<sup>a</sup> Classe do ensino secundário geral do segundo ciclo (ESG2) em Moçambique. Deste modo, o estudo teve como objectivos operacionais (1) diagnosticar as dificuldades, incluindo as concepções alternativas, dos alunos da 11<sup>a</sup> classe sobre o ensino e aprendizagem dos referidos conceitos, (2) com base na literatura, produzir protótipos de experiências demonstrativas que contribuam para o desenvolvimento conceptual dos alunos no estudo dos conceitos e (3) verificar como os protótipos produzidos de experiências demonstrativas auxiliadas pelas actividades Prevê-Observa-Explica-Reflecte (POER), contribuem para a compreensão conceptual dos alunos da 11<sup>a</sup> classe, sobre o princípio de “acção-reacção” e o da “força de atrito”.

Nesta pesquisa, a seguinte questão principal é examinada: “Que dificuldades, incluindo as concepções alternativas, apresentam os alunos da 11<sup>a</sup> classe sobre a compreensão dos conceitos do princípio de cação-reacção e o da força do atrito?

## II. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Dificuldades de aprendizagem de alguns conceitos da mecânica clássica

Vários pesquisadores da área de Física têm estudado e colectado informações de como os alunos aprendem (Mutimucuio, 1998; Talim, 1999; Smith & Strick, 2012; César, 2013; Pinto, 2016). Os resultados parecem indicar que dificuldades de aprendizagem similares ocorrem entre alunos de diferentes idades e habilidades, dificuldades essas que se mantêm mesmo após o aluno ter feito um curso formal de Física. A persistência dessas dificuldades sugere que o ensino formal não tem sido eficiente na mudança dos conceitos não científicos dos alunos para conceitos científicos, e que novas estratégias e abordagens de ensino devem ser aplicadas. Muitos desses estudos destacam que o factor preponderante, que dificulta a aprendizagem dos conceitos científicos, reside nos conceitos ou concepções espontâneas que os alunos adquirem antes da instrução formal. Esses conceitos espontâneos são muito resistentes às mudanças pelas técnicas habituais de ensino utilizadas pelos professores (Mutimucuio, 1998; Talim, 1999; Mavanga, 2007; Nascimento, Andrade & Reginier, 2016; Vilanculo, Mutimucuio & Silva, 2020).

No domínio da mecânica clássica (também comumente chamada mecânica newtoniana), várias têm sido as dificuldades de aprendizagem de alguns conceitos apresentados pelos alunos e apontados na literatura. Por exemplo, Talim (1999) realizou um estudo das dificuldades sobre a compreensão de alunos do ensino médio a respeito da terceira lei de Newton (princípio de acção e reacção), explorando o não reconhecimento de muitos alunos da existência de forças como tensão em cordas e forças exercidas por superfícies em corpos postos sobre elas, na confusão entre os conceitos de posição e velocidade, e, entre velocidade e aceleração, na suposição da necessidade da presença de uma força na direcção do movimento para manter os corpos se movendo, entre outros. O objectivo desta pesquisa é estudar a existência de conceitos espontâneos sobre a terceira lei de Newton em alunos do ensino médio, verificando a maneira como esses conceitos dificultam a aprendizagem dos alunos e interferem na compreensão da terceira lei de Newton. Como resultados, Talim (1999) identificou a presença de alguns conceitos espontâneos em alunos. Por exemplo, para muitos alunos, quando um corpo de grande massa interage com outro de pequena massa, a força exercida pelo corpo de massa maior será também maior. Para o caso em que um corpo de grande massa é empurrado por uma pessoa sem que esse corpo se

mova, muitos alunos não reconhecem a existência da força de reacção do corpo sobre a pessoa que o empurra. Com a finalidade de melhorar o estudo dos conceitos que dificultam a aprendizagem dos alunos e que interferem na compreensão da terceira lei de Newton, Talim (1999) usou a estratégias de mudanças conceituais para provocar a mudança desses conceitos para os conceitos científicos.

De acordo com El-Hani e Bizzo (2000)

“O objectivo de uma estratégia para mudança conceitual é, precisamente, compelir o aluno, mediante a manipulação pelo professor de situações conflitivas, à insatisfação com suas concepções prévias e, eventualmente, à substituição destas por ideias científicas. O aspecto central do modelo da mudança conceitual reside na modificação simultânea do *status* das concepções alternativa e científica. Supondo-se que uma concepção alternativa se encontra em conflito com uma concepção científica, é preciso diminuir o *status* da primeira, em especial sua plausibilidade e fertilidade, e, simultaneamente, aumentar o *status* da segunda. Uma das estratégias que podem ser usadas é a proposição de situações conflitivas, cujo propósito é produzir no aluno uma insatisfação com suas concepções prévias” (El-Hani & Bizzo, 2000: p. 5).

De acordo com vários autores (Mortimer, 1996; Mutimucuo, 1998; El-Hani & Bizzo, 2000; Duit & Treagust, 2003; Pereira 2018), as situações conflitivas têm um papel fundamental no modelo da mudança conceitual. Elas resultam da incapacidade do sujeito de resolver problemas produzidos em sua interacção com o meio, sendo utilizadas como ferramentas para a diminuição do *status* das concepções prévias. Estas situações são planificadas de modo a explicitar ou produzir anomalias entre as concepções alternativas e as experiências do aluno, devendo suscitar uma insatisfação com o conhecimento prévio e possibilitar, assim, que as concepções científicas sejam introduzidas numa posição vantajosa para a resolução do problema em pauta.

Outro estudo importante no domínio da mecânica clássica intitulado “*Improving student's understanding of energy: a study of the conceptual development of Mozambican first-year university students [Aprimorando a compreensão de energia pelos estudantes: um estudo sobre o desenvolvimento conceitual de estudantes moçambicanos do primeiro ano universitário]*” e visando explorar as dificuldades de ensino-aprendizagem de alguns conceitos de energia, foi realizado por Mutimucuo (1998). Nesta pesquisa, o autor usou o conflito cognitivo e o mapa de conceitos, como princípios pedagógicos de ensino e aprendizagem.

De acordo com Mutimucuo (1998), na estratégia do conflito cognitivo, o aluno é

“submetido a uma situação em que suas ideias prévias sobre determinado fenómeno são colocadas em conflito com factos observáveis, ou seja, suas previsões ou concepções alternativas são contrariadas por resultados experimentais. Logo, na sala de aulas, o processo do conflito, começa por colocar o aluno a par das suas concepções alternativas bem como as dos seus colegas. Isto é

alcançado através de um ensino conduzido para uma discussão em sala de aulas. Depois, o conflito cognitivo é introduzido através de um “evento discrepante”. Mutimucuo (1998), recomenda e defende que conflitos na sala de aulas devem ser produzidos com a finalidade de aumentar nos alunos a motivação e para despertar seu desejo para mais e melhor conhecimento” (Mutimucuo, 1998: p. 45).

Em relação ao mapa de conceitos, Tavares (2007), o define como

“uma estrutura esquemática para representar um conjunto de conceitos imersos numa rede de proposições. Ele é considerado como um estruturador do conhecimento, na medida em que permite mostrar como o conhecimento sobre determinado assunto está organizado na estrutura cognitiva de seu autor, que assim pode visualizar e analisar a sua profundidade e a extensão. Ele pode ser entendido como uma representação visual utilizada para partilhar significados, pois explica como o autor entende as relações entre os conceitos enunciados. O mapa conceitual se apoia fortemente na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, que menciona que o ser humano organiza o seu conhecimento através de uma hierarquização dos conceitos” (Tavares, 2007: p. 72).

Moreira (2012), esclarece que mapas conceituais, ou mapas de conceitos, são apenas diagramas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras que se usam para representar conceitos. Embora normalmente tenham uma organização hierárquica e, muitas vezes, incluem setas, tais diagramas não devem ser confundidos com organogramas ou diagramas de fluxo, pois não implicam sequência, temporalidade ou direccionalidade, nem hierarquias organizacionais ou de poder. Mapas conceituais são diagramas de significados, de relações significativas; de hierarquias conceituais, se for o caso. Isso também os diferencia das redes semânticas que não necessariamente se organizam por níveis hierárquicos e não obrigatoriamente incluem apenas conceitos. Mapas conceituais também não devem ser confundidos com mapas mentais que são livres, associaçãoistas, não se ocupam de relações entre conceitos, incluem coisas que não são conceitos e não estão organizados hierarquicamente. Não devem, igualmente, ser confundidos com quadros sinópticos que são diagramas classificatórios. Mapas conceituais não buscam classificar conceitos, mas sim relacioná-los e hierarquizá-los. O mapeamento conceitual é uma técnica muito flexível e em razão disso pode ser usado em diversas situações, para diferentes finalidades: instrumento de análise do currículo, técnica didáctica, recurso de aprendizagem, meio de avaliação.

Ainda estudos sobre energia foram realizadas por Nascimento, Andrade e Regnier (2016), sobre principais dificuldades e obstáculos para ensino-aprendizagem do conceito de energia. Na pesquisa encontrou-se uma relação entre o aparecimento de concepções espontâneas alternativas mais específicas com concepções espontâneas alternativas mais gerais e uma relação entre a dificuldade com a compreensão da conservação da energia com a dificuldade sobre a classificação dos sistemas físicos. Para colmatar as dificuldades e obstáculos para ensino-aprendizagem do

concepto de energia, esta pesquisa usou as experiências diárias, através da problematização, como estratégia de desenvolvimento do conceito.

Em Moçambique, uma pesquisa recente que visava avaliar a influência da valorização das concepções alternativas dos alunos, nos conceitos de calor e temperatura, foi realizada por Vilanculo, Mutimucuio e Silva (2020). Na pesquisa, os autores demonstram que a Termodinâmica, é a área onde os alunos têm tido muitas concepções alternativas, muito por causa da utilização dos conceitos na língua materna, em que o calor é sinónimo de temperaturas altas. Em relação aos conceitos de calor e temperatura, as concepções alternativas mais comuns dos alunos são: “calor significa temperatura elevada”, “calor é energia”, “calor é medida de temperatura”, “calor é sinónimo de temperatura”, “calor é contrário de frio”, “temperatura é consequência de calor”. Contudo, concepções alternativas encontradas coincidem com as identificadas na literatura, logo as concepções alternativas dos alunos são as mesmas exibidas por outros alunos internacionalmente. Nesta pesquisa os autores utilizaram a aprendizagem significativa, enfatizando Ausubel sobre a valorização do conhecimento prévio.

Concordando com Filho (2013), a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel é

“uma teoria cognitivista e construtivista. É cognitivista ao tentar explicar o processo pelo qual o cérebro percebe, recorda e pensa sobre toda a informação captada, e construtivista ao assumir que o processo de apreensão do conhecimento é evolutivo, um processo no qual o conhecimento actual é construído em cima de etapas prévias já acabadas” (Filho, 2013: p. 22).

O conceito central da teoria de Ausubel é o da aprendizagem significativa. Diz-se que há aprendizagem significativa de determinado conceito quando este se relaciona de maneira substantiva e não arbitrária com outros conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, aos quais Ausubel chama subsunsores (Filho, 2013; Silva, 2020).

Nesta pesquisa, para estudar algumas dificuldades de aprendizagem de conceitos da mecânica clássica sobre as forças de acção – reacção e a força de atrito, com os alunos da 11ª classe, do ensino médio, usa-se “prevê-observa-explica-reflete” como estratégia pedagógica de ensino e aprendizagem, a partir de experiências de demonstração. A ideia central do uso desta estratégia na pesquisa, justifica-se pelo facto de não haver na literatura evidências de a mesma ter sido usada, em pesquisas semelhantes no contexto moçambicano. O tipo de experiências de demonstração é centrado na realização de actividades que permitam que os alunos expliquem os resultados obtidos e/ou os prevejam, justificando as previsões. As actividades Prevê-Observa-Explica-Reflete (POER) são um exemplo deste tipo, auxiliando os alunos na (re)construção e/ou no desenvolvimento da explicação acerca de fenómenos naturais.

Segundo Barbosa (2012), no caso de se pretender a reconstrução do conhecimento conceitual, as actividades a propor são do tipo POER, com procedimento apresentado ou a ser apresentado pelo aluno, orientadas para o confronto entre o conhecimento prévio dos alunos e os dados empíricos obtidos. Estas actividades começam habitualmente por uma

questão, exigem uma previsão dos resultados esperados, a execução de um procedimento (que pode ser previamente apresentado ao aluno ou pedido a sua elaboração), a observação dos dados obtidos, a explicação dos mesmos, confrontando-os com a previsão inicial e ainda uma reflexão. As actividades deste tipo permitem ao aluno testar as suas ideias sobre um determinado assunto, a fim de encontrarem os dados que as apoiam, ou que as ponham em causa, levando-os à reconstrução das suas ideias.

Para Leite (2001), as actividades *POER* (sem procedimento laboratorial incluído) e as *Investigações*, que têm como objectivo a compreensão da metodologia científica, exigem que o aluno recorra a conhecimentos procedimentais e conceptuais para delinear um procedimento laboratorial, que lhe irá permitir dar resposta ao problema inicial. Sempre que isto aconteça, o aluno aprende conhecimento novo e a realização deste tipo de actividades assemelha-se, de algum modo, ao tipo de trabalho desenvolvido.

Portanto, as actividades que pressupõem Previsão-Observação-Explicação-Reflexão requerem não só um envolvimento físico, mas também mental, porque, como foi referido anteriormente, começam por solicitar uma previsão aos alunos, obrigando-os a pensar sobre o que ocorrerá se um determinado acontecimento for provocado e por que razão ocorrerá; requerem, ainda, que o aluno observe o acontecimento para que possa testar a previsão apresentada, que compare o que observou com o que previu e, por fim, que explique e refleja o que aconteceu (Leite, 2001; Fernandes, 2013; Correia, 2013).

### III. MATERIAL E MÉTODOS

De acordo com o Anuário Estatístico (INE, 2018) e Estatística da Educação (MINEDH, 2021), a Província de Inhambane possuía trinta e três (33) escolas públicas do 2º Ciclo, 20539 alunos matriculados, assistidos por 822 professores e com destaque para oitenta (80) professores de Física.

Tendo em conta que nesta pesquisa, além da observação da prática pedagógica da sala de aulas do professor de Física, pretendeu-se igualmente analisar as dificuldades de ensino e aprendizagem dos conceitos do princípio de “acção-reacção” e o da “força de atrito”, então foram escolhidos dois grupos de alunos, nomeadamente o grupo de controle (38 alunos da Escola Secundária 4 de Outubro de Inharrime) e o grupo experimental (36 alunos da Escola Secundária 25 de Novembro de Quissico). A existência de dois grupos, um designado por grupo experimental (GE) e outro por grupo de controle (GC), que apresentam as mesmas características, como por exemplo o factor idade e frequência da mesma secção de ciências, mas que são submetidos a diferentes tratamentos, leva a que também sejam seleccionadas diferentes metodologias de ensino e aprendizagem. Por exemplo, na tentativa de procurar promover o desenvolvimento conceptual dos alunos em relação aos conceitos em estudo, foi feita uma intervenção didáctica para o grupo experimental, consistindo em quatro experiências demonstrativas auxiliadas pelas actividades “*Prevê-Observa-Explica-Reflete*”, algo que não foi feito com o GC. Contudo, ambos os grupos usaram os mesmos programas de ensino e aprendizagem da Física, os mesmos livros e fichas de apoio.

Tanto a amostra dos professores convidados, como a

amostra dos alunos, são amostras de conveniência (Freitag, 2018). Isso significa que os professores foram escolhidos com base em sua disponibilidade de participar na pesquisa, sem perturbar o horário lectivo das aulas. Os professores seleccionados também estão interessados em melhorar as práticas de ensino em sala de aulas e, portanto, eles facilmente disponibilizaram um tempo para participar na pesquisa.

Os alunos participantes na pesquisa resultaram imediatamente da amostra dos professores e foram explicados sobre a necessidade e vantagens, como por exemplo o facto de terem que ser submetidos a um processo de ensino e aprendizagem adicional, que consistiu na realização das experiências demonstrativas e seguidas de encorajamento sobre suas previsões, observações, explication dos fenómenos em estudo e reflexão.

A escolha deste tipo de amostragem que utiliza os indivíduos aos quais há maior facilidade de acesso poderá não permitir “generalizar à totalidade da população os resultados obtidos com o estudo dos elementos constituintes da amostra”, pois apresentam uma validade externa fraca, mas fornecerá informações relevantes para a investigação que se pretende realizar. Deste modo, os resultados apenas serão válidos para a amostra estudada.

Assim, o grupo experimental foi submetida a “tratamento” (Tuckman 1994), pois aplicou-se uma metodologia de ensino e aprendizagem que incluiu experiências demonstrativas, houve necessidade de, para além da sala de aulas, se seleccionar um tempo para as experiências demonstrativas.

Relativamente aos alunos, foi administrado um questionário visando explorar o desenvolvimento conceptual sobre o princípio de “acção-reacção” e o da “força de atrito”. Foram colocadas cinco (5) questões a respeito do princípio de “acção-reacção” e outras cinco (5) ligadas com a exploração dos conceitos da “força de atrito”. No total, o questionário concebido para os alunos contém dez (10) questões, todas de escolha múltipla. O questionário aos alunos foi administrado antes da intervenção e o mesmo depois da intervenção. O questionário administrado antes permite igualmente que o aluno tenha uma ideia dos temas que serão abordados durante a fase da intervenção do pesquisador.

Deste modo, o questionário administrado antes da intervenção teve como objectivo diagnosticar as concepções prévias e outras dificuldades de aprendizagem dos alunos e foi aplicado à turma experimental e à turma controlo. A avaliação do desempenho da aprendizagem dos conceitos do princípio de “acção-reacção” e o da “força de atrito” foi realizado por meio da administração das mesmas questões que foram respondidas pelos alunos antes da intervenção do pesquisador, com o intuito de averiguar as mudanças conceptuais ocorridas após a intervenção pedagógica.

#### IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como referenciado, foi aplicado um total de dez (10) questões, no entanto, neste artigo só se apresentam duas questões devido à exiguidade do espaço.

Ao ser colocada aos alunos a questão 1, relacionada com a força de atrito, na qual o pesquisador pretendia que marcassem a alternativa correcta de um conjunto de quatro alternativas a respeito de uma análise dos aspectos do conceito da força de atrito, eles responderam como indicado na Tabela 1.

Tabela 1. Respostas dos alunos para questão 1 no pré e pós-testes para o Grupo Experimental (GE) e Grupo Controle (GC). As respostas destacadadas em negrito representam a opção certa.

Grupo		GE (36)	GC (38)	GE (36)	GC (38)
Questão 2	Opções	Pré (%)	Pré (%)	Pós (%)	Pós (%)
Marque a alternativa correcta a respeito da força de atrito	A. A força de atrito sempre é oposta ao movimento dos objectos.	60	59	45	55
	B. O coeficiente de atrito estático é menor que o coeficiente de atrito dinâmico (cinético).	12	11	0	5
	C. Se um objecto estiver em uma superfície horizontal, a força de atrito será determinada pelo produto do coeficiente de atrito pelo valor do peso.	14	17	<b>52</b>	<b>31</b>
	D. A força de atrito é sempre responsável pelo estado de repouso dos corpos..	14	13	3	8

De acordo com a Tabela 1, acima, averiguando o conjunto das alternativas escolhidas pelos alunos, no pré-teste, verifica-se que apenas 14% dos alunos do grupo experimental escolheu a alternativa coerente do ponto de vista da Física, enquanto que no grupo de controle essa escolha foi de 17%, superando, portanto, o grupo experimental por uma margem razoável de 3%.

Fazendo uma apreciação das alternativas escolhidas pelos alunos, denota-se que a concepção alternativa de que a “a força de atrito sempre é oposta ao movimento dos objectos” domina a dificuldade dos alunos na compreensão do conceito da força de atrito. A percentagem de alunos que escolheu esta opção foi de 60% no grupo experimental e de 59% no de controle, o que explica a prevalência desta concepção alternativa sobre a definição da força de atrito.

No pós-teste, fazendo uma análise sobre os resultados relativos às opções dos alunos, denota-se que 52% dos alunos do grupo experimental alcançou resposta consistente com o ponto de vista da Física escolhendo a alternativa C, que diz ‘se um objecto estiver em uma superfície horizontal, a força de atrito será determinada pelo produto do coeficiente de atrito pelo valor do peso do corpo’, sendo 32% para o grupo de controle. Para o grupo experimental, significa que o número de alunos que persistem na concepção alternativa de que a força de atrito sempre é oposta ao movimento dos objectos continua elevado, situando-se em 45%, mesmo depois da realização das experiências demonstrativas.

Igualmente, a percentagem de alunos que resistem na mudança da concepção alternativa no grupo de controle é de 55%, tendo apenas 4% de alunos migrado para a concepção científica.

Visando agora, compreender o entendimento dos alunos sobre o significado do princípio de “acção-reacção”, foi colocada uma segunda questão (questão 2), pedindo-lhes que indicassem a afirmação verdadeira a respeito deste princípio. Os resultados podem ser vistos na Tabela 2.

Nas respostas, os alunos apresentaram muitas dificuldades na escolha da opção consistente com a visão da Física. Apenas 8% dos alunos do grupo experimental apresentou uma resposta científicamente coerente com a Física, enquanto que no grupo de controle a percentagem foi de 11%, superando, portanto, o grupo experimental em 3%. Nesta questão 2, relacionada com o princípio de “acção-reacção”, 41% dos alunos do grupo experimental apresentou uma concepção alternativa de que “*as forças de acção e reacção sempre actuam no mesmo corpo*”. Para o grupo de controle, essa concepção se situou em 46%.

Na mesma questão 2, foi observado que 30% dos alunos do grupo experimental escolheram uma outra opção D e que constitui uma concepção alternativa, que diz, ‘*a força normal é uma reacção da força peso aplicada por um corpo sobre uma superfície*’. Esta mesma opção D, foi escolhida por 25% dos alunos do grupo de controle (vide a Tabela 2).

Tabela 2. Respostas dos alunos para questão 2 no pré e pós-testes para o Grupo Experimental (GE) e Grupo Controle (GC). As respostas destacadas em negrito representam a opção certa.

Grupo		GE (36)	GC (38)	GE (36)	GC (38)
Questão 2	Opções	Pré (%)	Pré (%)	Pós (%)	Pós (%)
A respeito da Terceira lei de Newton (acção e reacção), marque a alternativa verdadeira	A. Os pares acção e reacção podem ser formados exclusivamente por forças de contacto.	10	8	0	8
	B. As forças de acção e reacção sempre se anulam.	11	10	6	28
	C. <b>Como estão aplicadas em corpos diferentes, as forças de acção e reacção não se equilibram.</b>	8	11	60	32
	D. A força normal é uma reacção da força peso aplicada por um corpo sobre uma superfície.	30	25	15	12
	E. As forças de acção e reacção actuam no mesmo corpo	41	46	19	20

No pós-teste, em uma breve apreciação das respostas, verifica-se que 60% dos alunos do grupo experimental escolheram a opção C, que diz ‘*como estão aplicadas em corpos diferentes, as forças de acção e reacção não se equilibram*’, opção coerente com o ponto de vista da Física e relacionada com as forças de acção e de reacção. Relativamente ao grupo de controle, a percentagem desta escolha da opção C é de 32%, sendo superada pelo grupo experimental em 28%.

É importante realçar que comparado com os resultados alcançados antes da intervenção por via das experiências demonstrativas, o grupo de controle apresentava uma percentagem de 11% enquanto que o grupo experimental ainda tinha uma percentagem mais baixa, de 8%. Saliente-se, que tanto os alunos do grupo experimental, como os do grupo de controle escolheram uma outra opção E, que diz ‘*as forças de acção e reacção sempre actuam no mesmo corpo*’. Esta opção E que constitui uma concepção alternativa, foi escolhida por 19% dos alunos do grupo experimental e 20% do grupo de controle.

Uma reflexão sobre os resultados encontrados no pré-teste (Tabelas 1 e 2) poderá apontar para as dificuldades de aprendizagem da Física devidas a uma má interpretação da linguagem ou então a uma má compreensão da linguagem. No caso dos conceitos relacionados com a força de atrito, os alunos apresentaram uma concepção errada (alternativa) de que a força de atrito tem sempre um sentido oposto ao da força aplicada no corpo. Na terceira lei de Newton (princípio de acção-reacção), usam-se as palavras acção e reacção para duas acções simultâneas, sabendo que é quase fisicamente impossível saber qual delas é a acção e qual é a reacção. Por outro lado, no quotidiano uma acção precede sempre uma reacção. Esta interpretação intuitiva pode ser a causa de os alunos errarem as aplicações do princípio de “acção-reacção”.

Em resumo, os resultados obtidos no pré-teste, mostram que os alunos apresentam dificuldades na compreensão dos conceitos do princípio de “acção-reacção” e o da “força de atrito”. Igualmente, o pré-teste mostra a existência de concepções alternativas apresentadas pelos alunos sobre os conceitos em estudo.

No geral, no processo da intervenção didáctica através das experiências demonstrativas, foi possível identificar algumas dificuldades apresentadas pelos alunos. Por exemplo, na experiência demonstrativa sobre “*Atrito estático e cinético num plano horizontal*”, os alunos não conseguiram correctamente fazer a representação das forças que actuam sobre um corpo colocado no plano horizontal.

Em relação ao coeficiente de atrito estático, com base na experiência demonstrativa, os alunos compreenderam facilmente que é sempre superior ao coeficiente de atrito cinético para os mesmos materiais das mesmas superfícies em contacto. Quanto aos conhecimentos prévios, observou-se que os alunos manifestaram, predominantemente, conhecimentos do senso comum sobre o aparecimento da força de atrito. A maioria dos alunos (70%), não tinha conhecimento sobre o aparecimento desta força e sobre a mudança da força de atrito estática para a cinética.

No estudo realizado por Silva et al. (2021) identificaram que 80% dos alunos desconhecia sobre o aparecimento desta força e sobre a mudança da força de atrito estática para a cinética, e os factores que influenciam na variação destas

forças.

Na realização da experiência demonstrativa com a finalidade de estudar o comportamento do coeficiente de atrito estático quando se mudam as superfícies de contacto, foi usado um plano inclinado. Na demonstração, a maior dificuldade dos alunos foi a de prever em que situação o coeficiente de atrito estático seria maior, no contacto madeira-madeira ou então no contacto madeira-vidro. Depois de os alunos efectuarem a demonstração, eles concluíram que os valores dos coeficientes de atrito nos dois casos eram diferentes e maiores no caso do contacto madeira-vidro.

Uma explicação científica para o facto de os valores do coeficiente de atrito estático no contacto madeira-vidro, serem maior em relação aos do contacto madeira-madeira, pode estar relacionado com a complexidade do próprio vidro, pois, como se sabe, o vidro é constituído por uma mistura básica de areia, sílica, sódio e cálcio. Além destes materiais também há a inclusão de magnésio, alumina e potássio. A composição do vidro é, 72% areia, 14% sódio, 9% cálcio e 4% magnésio. Alumina e potássio são incluídos apenas em alguns casos (Sampaio, Andrade e Dutra, 2008).

Relativamente à experiência demonstrativa sobre o princípio de acção e reacção, as principais dificuldades apresentadas pelos alunos tinham muito haver com a representação das forças actuando nos corpos materiais e aplicação deste princípio em situações do quotidiano. Por exemplo, os alunos consideravam que a força normal ( $\vec{N}$ ) e a força peso ( $\vec{P}$ ), constituem sempre um par de acção e reacção e aplicadas no mesmo corpo. Quer dizer, na opinião dos alunos este par de forças se anula. Eles não compreendem que actuam em corpos diferentes, são forças de mesma natureza que atuam em pares e a resultante entre elas não pode ser nula, pois elas agem sobre corpos diferentes.

Contudo, depois de insistência por parte do pesquisador e dos professores da turma, foi possível convencer aos alunos de que as forças de acção e reacção agem em pares e em corpos diferentes. Por nunca agir sobre os mesmos corpos, em hipótese alguma haverá acção sem reacção, de modo que a resultante entre essas forças não pode ser nula, bem como, não podem se equilibrar, pois elas actuam em corpos diferentes. Terminada a fase da realização das experiências demonstrativas, era preciso fazer-se uma avaliação da eficácia e contribuição das mesmas.

A pesquisa revela através das respostas das questões do questionário que serviu de pré e pós-testes administrados aos alunos, das entrevistas realizadas com uma parte dos alunos do grupo experimental, da observação das aulas assistidas com os professores convidados, das experiências demonstrativas, que os alunos apresentam dificuldades para a compreensão dos conceitos relacionados com a “força de atrito” e o princípio de “acção-reacção”.

Os objectivos previamente traçados na pesquisa em desenvolvimento, foram atingidos, pois os resultados encontrados nas respostas dos alunos nas questões do pré-teste permitiram identificar as dificuldades e concepções dos alunos sobre os conceitos em estudo. Os resultados encontrados nas respostas das questões do pré-teste são consistentes com os encontrados na literatura. Por exemplo, na pesquisa realizada por Ure et al.. (1994), relacionado com o princípio de acção e reacção (terceira lei de Newton), identificou a presença de alguns conceitos espontâneos em

alunos de vários cursos superiores na Venezuela. Talim (1994), detectou a existência de conceitos espontâneos e as dificuldades de aprendizagem dos alunos sobre a terceira lei de Newton, utilizando um teste composto de sete (7) itens de múltipla escolha sobre várias situações onde se exige o conhecimento dessa lei para se responder.

Em relação ao conceito da força de atrito, os alunos da amostra da pesquisa, evidenciaram igualmente dificuldades e concepções alternativas sobre o conceito da força propriamente dito e depois sobre a força de atrito. Por exemplo, para muitos alunos, quando um corpo de grande massa interage com outro de pequena massa, a força feita pelo corpo de massa maior será também maior. No caso da força de atrito, os alunos evidenciaram a concepção alternativa de que esta força é por definição, contrária ao movimento.

Sobre as dificuldades de ensino e aprendizagem do conceito da força de atrito, pesquisa intitulada “*Dificuldades na aprendizagem de Física sob a ótica dos resultados do Enem*”, realizada por Barroso, Rubini e Silva (2018), relatam a existência de concepções alternativas apresentadas por alunos de um curso de graduação na França, que são semelhantes às concepções apresentadas pelos alunos das escolas secundárias ES24NQ e ES4OI..

No domínio da dinâmica, Clement (1982) estudou e catalogou as pré-concepções associadas à segunda lei de Newton. Segundo ele, muitas das concepções erradas dos alunos apoiam-se na ideia de que o movimento requer acção de uma força, uma vez que em condições reais com o atrito é preciso actuar permanentemente sobre um corpo para o manter em movimento. Uma vez que o atrito não é por vezes identificado pelo aluno como uma força, este tende a acreditar que o movimento do corpo requer a atuação permanente de uma força na mesma direcção. Dez anos mais tarde, Hestenes (1987), apoiando-se na ideia de que o conceito central da mecânica newtoniana é a força, inventariou as concepções dos alunos sobre aquela grandeza. Também McDermott (1984) efectuou estudos sobre concepções relacionadas com forças e a sua relação com o movimento.

## V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados relatados nesta pesquisa com os alunos das escolas secundárias 25 de Novembro de Quissico e 4 de Outubro de Inharrime, apenas sugerem a existência de conceitos intuitivos sobre a terceira lei de Newton (princípio de acção-reacção) e, a estrutura destes conceitos em alunos do ensino médio, pois o número de alunos testados (74) não é significativo, não justificando com certeza uma generalização dos resultados para todos os alunos do ensino médio. No entanto, os resultados estão de acordo com os encontrados na literatura internacional na identificação dos conceitos e também na estrutura das respostas.

Uma apreciação global dos resultados após a administração das questões que serviram de pós-teste, emergem três informações: (1) os alunos do grupo experimental como consequência da intervenção através das experiências demonstrativas revelaram uma compreensão e aprendizagem significativa relativamente aos conceitos da “força de atrito” e do princípio de “acção-reacção”. (2) Relativamente ao grupo de controle não se operaram diferenças significativas ao se comparar os resultados do questionário no pré-teste com os conseguidos agora no pós-teste. (3) Comparando as respostas

dos alunos nas respostas das questões, das entrevistas, das experiências demonstrativas e da observação da prática da sala de aulas, elas convergem para o mesmo ponto e isto permite afirmar que os alunos devem abraçar as experiências demonstrativas no processo de ensino e aprendizagem da Física.

## REFERÊNCIAS

- Barbosa, N. R. A. (2012). Características do trabalho prático e presença de conceções acerca da ciência nos novos manuais escolares para o 5.º ano de escolaridade. Dissertação de Mestrado. Instituto Politécnico de Lisboa - Escola Superior de Educação de Lisboa. Lisboa.
- Barroso, M. F.; Rubin, G.; Silva, T. (2018). Dificuldades na aprendizagem da física sob a ótica dos resultados do Enem. Brasil.
- Censi, A.; Costas, F. A. T. (2003). Dificuldades de aprendizagem: reflexões a partir da teoria histórico-cultural. Programa de Pós-Graduação em Educação - PPGE da UFSM.
- Cesar, F. R. (2013). Compreensão das dificuldades de aprendizagem escolar na perspectiva da teoria histórico cultural: outra possibilidade de análise desse fenômeno. XI Congresso Nacional de Educação. EDUCERE. 2013. Curitiba.
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics, American Journal of Physics, vol. 50, n. 1, pp. 66-71, jan.
- Correia, M. S. M. (2013). Trabalho laboratorial no 1.º ciclo do ensino básico. conceções e práticas de professores. Tese de Doutoramento. Universidade de Lisboa. Lisboa.
- Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. International Journal of Science Education, 25(6), 671-688.
- El-Hani, C. N.; Bizzo, N. M. V. (2000). Formas de construtivismo: Teoria da mudança conceitual e construtivismo contextual. II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Brasil.
- Fernandes, M. F. P. S. L. (2013). Atividades laboratoriais do tipo POER no 1º ceb: três propostas didáticas para o estudo da influência dos fatores abióticos na vida animal. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Portugal.
- Filho, R. B. (2013). Uma abordagem para ensino baseado na teoria da aprendizagem significativa utilizando a teoria das categorias. Tese de Doutoramento. Universidade Federal de Uberlândia. Brasil.
- Freitag, R. M. K. (2018). Amostras Sociolinguísticas: Probabilísticas ou por Conveniência. Revista de Estudos da Linguagem, v. 26 n. 2, p. 667 - 686.
- Hestenes, D. (1987). Toward a Modeling Theory of Physics Instruction, Am. J. Phys. 55 (1987) 440.
- INE (2018). Anuário Estatístico da Província de Inhambane – 2018. Instituto Nacional de Estatística (INE). Maputo, Moçambique.
- Kauark, F. S.; Silva, V. A. (2008). Dificuldades de aprendizagem nas séries iniciais do ensino fundamental e ações psico & pedagógicas. Rev. psicopedag. vol. 25 no.78 São Paulo.
- Leite, L. (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências. In H. Caetano, & M. Santos (Org.). Cadernos Didáticos de Ciências (pp. 77-96). Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário (DES).
- Mavanga, G. (2007). Fundamentos da Didáctica de Física. Universidade Pedagógica, Maputo. (não publicado).
- McDermott, L. C. (1984). Research on Conceptual Understanding in Mechanics, Phys Today 37 (7), 24 (1984).
- MINEDH (2021). Estatística de Educação - Levantamento Escolar - 2021. Maputo - Moçambique.
- Moreira, M. A. (2012). Mapas conceituais e aprendizagem significativa. Revista Chilena de Educação Científica, 4(2): 38-44. 2012.
- Mortimer, E. F. (1996). Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? Investigações em Ensino de Ciências 1(1):20-39.
- Mutimucio, I. V. (1998). Improving Student's Understanding of Energy: A Study of the Conceptual Development of Mozambican First-Year University Students. Maputo: Mozambique.
- Nascimento, R. R.; Andrade, V. L. V. X.; Regnier, J. (2016). Principais dificuldades e obstáculos para aprendizagem do conceito de energia. Abordagem exploratória de publicações em ensino de ciências e tratamento no quadro da análise estatística implicativa. Caderno de Física da UEFS. 14 (02): 2101.1-11.
- Pereira, A. P. (2017). Um Panorama da Pesquisa Internacional sobre Mudança Conceitual. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. RBPEC 17(1) 215–242.
- Pinto, G. U. (2016). Estudo de conceitos e dificuldades de aprendizagem. Journal of Research in Special Educational Needs \_ Volume 16 \_ Number s1 \_ 2016 487–491.
- Rodrigues, G. J. (2017). Dificuldades de Aprendizagem na Leitura e na Escrita e a Intervenção Educativa com o Recurso às Tecnologias de Informação e Comunicação: As Percepções de Professores do 1º Ciclo do Ensino Básico. Dissertação de Mestrado. Universidade Fernando Pessoa. Porto.
- Samapaio, J. A. ; Andrade, M. C.; Dutra, A. J. B. (2008). Rochas e Minerais Industriais, Rio de Janeiro, Brasil.
- Silva, J. B. A (2020). Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel: uma análise das condições necessárias. Research, Society and Development, v. 9, n. 4, 2020. Brasil.
- Smith. C.; Strick, L. (2007). Dificuldades de Aprendizagem de A a Z. Um guia completo para pais e educadores. Porto Alegre. Artmed.
- Talim, S. L. (1999). Dificuldades de aprendizagem na terceira lei de Newton. Cad.Cat.Ens.Fís., v. 16, n. 2: p. 141-153.
- Tavare, S. R. (2007). Construindo mapas conceituais. Ciências & Cognição 2007; Vol. 12: 72-85. Brasil..

Tuckman, B. (2002). Manual de Investigação em Educação-Como Conceber e Realizar o Processo de Investigação em Educação. 2<sup>a</sup>edição. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Ure, M. H., et al. (1994). Concepciones Intuitivas de los Estudiantes (de Educación Media y la Universidad) sobre el Principio de Acción y Reacción. Rev. Bras. de Ensino de Física, v. 16, n. 1-4, p. 120-128.

Vilanculo, J. A.; Mutimucuio, I. V.; Silva, C. S. (2020). Avaliação da influência das concepções alternativas no ensino e aprendizagem da física: um estudo de caso em Moçambique. Revista REAMEC, Cuiabá (MT), v. 8, n. 3, p. 515-532.